

# 신호교차로 진입위험경고서비스를 위한 USN 교통센서의 배치방법 연구

A study of fixed USN traffic sensors' placement for dangerous vehicles warning service at signalized intersection

<b>장 정 아</b> 연구원, 한국 전자통신연구원	<b>최 정 단</b> 선임연구원, 한국 전자통신연구원	<b>문 영 준</b> 연구위원, 한국교통연구원	<b>장 병 태</b> 책임연구원, 한국 전자통신연구원
------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------

Key Words : USN(Ubiquitous Sensor Network), Detector placement, danagerous vehicle, intersection safety warning, traffic detector

## 목 차

- 1. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 방법론
  - II. 관련 연구 고찰
    - 1. 신호교차로의 안전문제
    - 2. 신호교차로 안전을 위한 관련 서비스 시스템
    - 3. 교통검지기 설치 위치에 대한 연구
  - III. 신호교차로 진입 위험경고서비스
    - 1. U-교통센서의 개발
  - 2. 신호교차로 진입 위험경고서비스
  - 3. 위험차량판단 및 경고 방법
- IV. U-교통센서의 배치문제
    - 1. 개요
    - 2. 시뮬레이션 구성
    - 3. 시뮬레이션 결과
  - V. 결론
  - 참고문헌

## I. 서 론<sup>1)</sup>

### 1. 연구의 배경 및 목적

정보통신기술의 급격한 발전은 교통분야에 ITS(지능형교통시스템; Intelligent Transport Systems, 이하 ITS)의 도입을 가져왔고, 수송로 및 터미널시스템, 차량 그리고 운전자(통행자)로서의 인간의 세 가지 주요 요소에 정보(information)와 기술(Technology)의 요소를 부가하여 교통문제를 해결할 수 있도록 다양한 도움을 주고 있다. 최근 유비쿼터스라(Ubiquitous; 이하 U-)는 “언제” “어디서나” “접근가능한” 개념을 기존의 ITS와 병행 혹은 차별화함으로서 교통시스템에 적용하기 위한 시도들이 진행되고 있다. 예를 들어 도시내 주차장에 유비쿼터스 센서를 부착하여 이를 주차장 관리나 정보제공에 활용하는 u-주차장 관리 서비스와 u-city 서비스가 바로 그러한 사례이다. 실제적으로 u-교통서비스와 ITS와는 동일한 목표를 두고 각기 차별화있는 기술들이 개발이

되고 있지만, 사용자 입장에서는 서비스 범주의 구분이나 기술의 차별성 등은 관심의 대상이 아니다. 따라서 사용자 중심으로 지속적이고, 유비쿼터스적인 교통서비스가 성공적으로 제공되기 위해서는 ITS에서 확보된 수집기술, 통신기술 및 정보기술 등과 신규의 USN(Ubiquitous Sensor Network, 이하 USN) 기술과의 적절한 접목이 요구되는 바이다.

이에 본 연구에서는 U-서비스 중의 하나가 될 수 있는 “신호교차로 진입위험경고서비스”에 대하여 소개하고, 상기 서비스에서 도입시 해결되어야 하는 u-교통센서와 관련된 문제를 살펴보고자 한다. U-교통센서는 USN 통신망을 통해 무선으로 실시간 교통정보를 수집하고 전달하는 검지기로서, 이러한 센서가 도로위에 설치 및 운영될 경우, u-교통센서를 배치(설치위치)에 대한 문제는 어떻게 어디에 배치하는지에 대한 문제가 중요한 사항인 것은 분명하다. 본 연구에서 제시하는 “신호교차로 진입위험경고 서비스”는 u-교통센서가 다량으로 교차로의 진입로에 설치될 경우 이를 활용한 신호교차로 안전 서비스의 일종으로, 신호현시가 녹색-황색-적색으로 변동되는 구간에 교차로에서 다른 대기차량들에게 위험이 될 수 있는 차량인지를 파악하여 대기차량들에게 경고메시지를 줄 수 있도록 하는 서비스이다. 여기서 실시간 교통정보를 수집하는 u-교통센서는 도로위의 T-센서노드, 도로변 T-싱크노드로 이루어지는 USN기반 센서네트워크 시스템이다. u-교통센서의

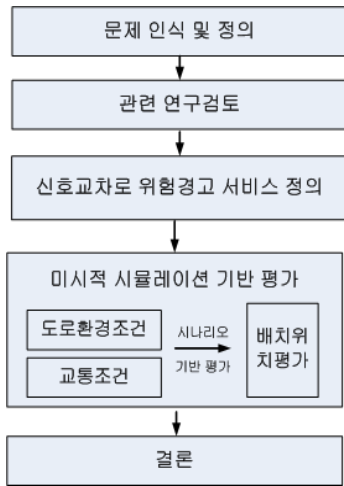
1) 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장 동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [IITA-A1100-0702-0021, USN인프라기반 텔레매틱스 응용 서비스 기술개발]

경우 경제적이고, 신뢰성이 확보가 되어 다량으로 교차로에 설치할 수 있도록 지향하고 있는데, 실제 도로 운영시 최소한의 센서로서 서비스가 가능하도록 검토되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 점들을 고려하여 신 “신호교차로 진입 위험경고서비스”와 같은 신규서비스가 진행될 때 u-교통 센서들의 설치간격(how many), 설치위치(where) 등을 검토하였다.

본 연구에서 살펴본 신호교차로 진입위험경고서비스를 위한 USN 교통센서의 배치방법을 통하여 향후 u-교통서비스의 도입 및 적용이 보다 효율적으로 추진하는데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 연구의 방법론

연구의 주요 방법은 <그림 1>과 같이 서비스의 정의 및 센서배치와 관련된 시뮬레이션 기반 평가결과를 근거로 배치방법을 제시하고 있다.



<그림 1> 연구의 방법론

## II. 관련 연구 고찰

### 1. 신호교차로의 안전문제

신호교차로에서는 녹색표시 시간은 안전하게 교차로를 통과하도록 통행권이 보장되어 있지만, 황색 및 적색 표시로 변경됨에 따라 신호위반 가능성이 있는 차량들이 존재하게 되고, 실제적 신호위반하는 차량이 발생을 함으로서, 본인 차량 및 다른 방향에 대기하는 차량과의 측면 및 정면 충돌의 가능성이 높은 상황이다.

특히 2005년 교통사고통계에 의하면 교차로에서의 교통사고는 전체 214,171건의 교통사고 중 82,524건이 발생하여 38.5%가 발생하였으며, 이중 신호위반 사고는 23,270건으로 10.9%에 달한다. 또한 신호위반 사고 중 야간 사고가 52.8%를 차지함으로써 사고원인인 과속 다음으로 야간사고 비율이 높다[1].

## 2. 신호교차로 안전을 위한 관련 서비스 시스템

1999년 건설교통부 주관의 「ITS 연구개발사업(II)」의 과제로 수행된 “도로와 차량간 RF통신을 이용한 속도제한 경보시스템 기술” 개발을 통해 단거리 전용 무선통신시스템(Dedicated Short Range Communication; DSRC)을 활용한 차내경보장치가 개발되어 도로상에서 차량의 과속을 경고함으로써 사고를 방지하는 기술이 확보되었지만, 그 외 안전운전 지원을 위한 사고예방시스템에 대한 연구는 아직 본격적으로 이루어지지 않고 있다. 또한 교통개발연구원(2000)의 “신호교차로 내 딜레마구간 차내경고시스템 개발”에서는 신호제어기의 신호변경정보를 근거리통신체계를 통해 실시간으로 사전에 차량내 운전자에게 신호변경의 경고를 미리 내려주어 의사결정을 안전하게 할 수 있도록 차내경고시스템을 개발하고자 관련 연구를 진행한바 있다. [2]

또한 황색신호등화시 발생하는 딜레마 차량 문제를 해결하기 위해 많은 경우 신호제어방법을 택하였다[3]~[6]. 이외에도, 신호제어가 아닌 방법인 PTSWF(Prepare to Stop When Flashing, 이하 PTSWF)를 활용하여 교차로의 신호기 전에 우선적으로 경고를 주는 표지판을 활용하기도 했다.[7][8] McCoy and Pesti(2003)은 다수의 검지기를 활용하여 딜레마 구간을 예방하는 방법과 PTSWF를 이용하는 방법을 설계하여 딜레마 구간에 있는 속도 범위내의 차량을 인지하여 우선 경고를 주는 것이 효과가 있음을 보여주었다. Sunkar 등(2005)는 PTSWF가 적색신호주행을 약 40%감소함을 제시하였다.

## 3. 교통검지기 설치 위치에 대한 연구

일반적으로 교통검지기에 대한 문제는 “how many”, “which kinds”, “where”, “to what benefits”, “at what cost”가 중요하다. 본 연구에서는 이중 “where”의 문제를 중점으로 고려하고 있는데, 이러한 교통검지기(특히 지점검지기)의 설치 위치에 대한 문제는 크게 감응식 신호운행을 위한 설치 위치에 대한 연구와 구간통행시간을 산정하기 위한 설치 위치에 대한 문제로 나뉜다.

감응식 신호운행을 위한 설치 위치의 경우 traffic detector handbook 등에 정형화되어 제시되고 있다. 특히 딜레마 문제와 관련하여서는 multiple point detection를 위해 Green extension systems (for semiactuated controllers), Extended call detection systems (for basic controllers), Multiple point detection systems 등 기능적인 측면으로 나누어서 제시하고 있고, 특히 딜레마 구간효과와 감소를 위한 multiple inductive loop detector 위치를 <그림 2>에서와 같이 제안하고 있다. 이 경우 설계속도에 따라 각기 다른 위치에 검지기 설치가 요구된다[9][10].

또한 구간통행시간을 산정하기 위한 설치 위치에 대한 문제는 검토되어야 할 중요한 문제이다. 일반적으로 통행시간 추정을 위한 배치문제의 경우 설치수량과 통행시간 추정오차와

비용의 경우, 검지기 설치수량이 증가하면 통행시간 추정오차는 감소하나, 설치비용의 증가라는 trade-off를 가진다. 따라서 여러 형태로 연구가 진행되어 왔는데 그 사례를 살펴보면 다음과 같다.

우리나라의 김성현 등(2006)은 실시간 통행시간 추정을 위한 검지기 배치 측면에 대한 검토를 위해 같은 성질을 가진 “동질구간”을 군집분석으로 분석하여, 지점검지기 배치 기준으로 활용하였다. 그 결과 대상구간인 국도에서는 지점검지기 평균 배치간격을 1.8km 로 제안하였다[11]. 또한 Ozbay 등(2004)은 최적의 센서 위치 선정 문제를 센서위치와 통행시간추정의 질과의 관계에 대하여 혼잡과 비혼잡 상황에서 연구하였다 [12]. 또한 Fujito 등(2006)은 통행시간지표가 설치검지기 간격이 증가함에 따라 이또한 감소되지는 않음을 보였다[13]. 또한 Thomas(1999) 및 Oh 등(2003)(2004)는 센서위치의 문제를 미시적 시뮬레이션을 기반으로 여러 케이스에 대한 검토를 통해 그 위치를 찾는 연구를 진행한바 있다[14]~[16].



<그림 3> 센서노드



<그림 4> 싱크노드

U-교통센서들의 통신은 무선의 USN통신망을 이용하여 정보가 실시간으로 전달이 되는데, USN통신망은 u-교통센서간의 통신망(802.15.4 등)과 T-싱크노드와 T-베이스스테이션간의 유무선망(RS232C 등), 그리고 서비스 처리를 하는 노변장치와의 표출장치간의 유무선망(DSRC 등)의 다양한 통신 채널을 포함하고 있다. 이와 관련한 추가 내용은 장정아(2007)(2008)에서 상세히 살펴볼 수 있다[17][18].

## 2. 신호교차로 진입 위험경고서비스

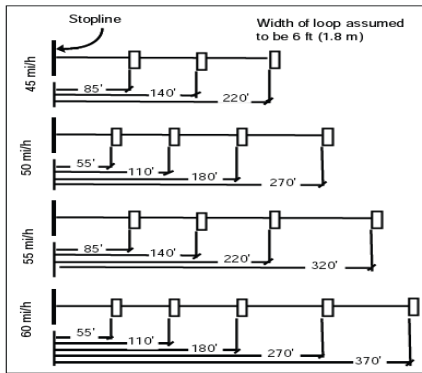
신호교차로 진입 위험경고서비스는 신호교차로에 진입하는 차량이 도로에 매설된 u-교통센서로부터 차량존재시각과 속도 정보를 실시간으로 전달받고, 신호교차로 교차로에 설치된 신호제어기로부터 신호 정보(주기정보, 현시정보, 현시분할정보)와 융합하여 녹색신호시간에서 위험차량으로 인한 교통사고를 미연에 방지하도록 하고자 하는데 목적을 둔 새로운 형태의 차량정보서비스이다. 여기서 위험차량이라 함은 다음의 경우로 발생할 수 있다.

운전자의 운전성향에 의해 고의적으로 신호를 위반하여 신호교차로를 적색현시에 통과하려는 차량

황색 신호를 보고도 정지선에 정지하거나 교차로를 통과하기 힘든 교통 공학적 딜레마 구간에 존재하는 차량

이러한 신호교차로 진입위험경고 서비스의 흐름은 다음과 같으며, 주요 서비스 개념도는 <그림 5>과 같다.

- Step 1: 교차로 접근로별로, 차로별로 설치된 다수개의 고정식 차량검지센서에서 차량의 존재 시각정보와 속도 정보를 실시간으로 검지한다
- Step 2: 검지된 차량 정보는 유무선 통신으로 노변장치인 국지서버로 전송한다.
- Step 3: 신호제어기는 실시간으로 신호정보(신호주기, 신호현시, 현시분할시간)를 국지서버에 유무선 통신으로 전송한다.
- Step 4: 국지서버의 센서 및 신호정보 수집모듈은 실시간 신호기 정보(신호주기, 신호현시, 현시분할시간)와 Step 2의 실시간 차량운행정보를 수집한다.
- Step 5: 국지서버의 위험차량 판단모듈은 두가지의 실시간 정보(신호기정보, 센서정보)를 기반으로 후술하게 될 판단알고리즘을 기반으로 위험차량의 존재유무를 판단한다.

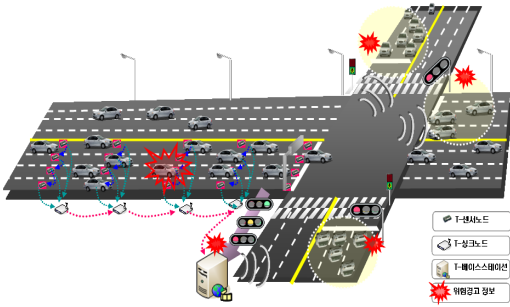


<그림 2> 딜레마 구간효과의 감소를 위한 multiple inductive loop detector 위치  
출처: FHWA[9]

## III. 신호교차로 진입 위험경고서비스

### 1. U-교통센서의 개발

도로에 부착하여 지점검지 형태로 차량의 속도, 존재데이터를 취득하는 고정형 u-교통센서로서 T-센서네트워크 시스템이 개발되었다. u-교통센서는 무선통신을 위한 RF(Radiation Frequency) 및 프로토콜, 차량 감지를 위한 센싱 장치, 데이터 처리를 위한 MCU(Microcontroller Unit) 및 OS 모듈, 시스템 관리 등을 위한 어플리케이션 모듈 등으로 구성이 된다. 이러한 u-교통센서는 도로면에 설치되어 차량의 흐름을 검지하는 T-센서노드와 도로면에 설치되어 무선통신을 수행하는 T-싱크노드로 구성이 된다. T-센서노드는 차량이 통과해도 파손이 되지 않은 형태로 도로에 매설하도록 개발되었는데, <그림 3>은 도로위에 약 15cm의 원형 형태로 설치한 사례이다. 또한 노변에 설치할 수 있는 T-싱크노드는 <그림 4>와 같다.



<그림 5> 신호교차로 진입 위험경고서비스 개념도

### 3. 위험차량판단 및 경고 방법

핵심이 되는 위험차량에 대한 판단 방법은 신호현시의 변화에 따라 본 연구에서는 시간의 흐름에 따라 신호현시가 다음과 같이 위험유형(warning type, 이하 WT) 3가지 형태로 분류하였다. 분류개념의 기본 개념은 검지된 차량의 속도와 위치정보를 기반으로 차량이 정지가능한지, 통과가능한지를 판단하여 황색시간 종료 후 교차로 안에 존재할 수 있는 가능성이 있는지 판단하는 형태를 취한다.

- Warning type 1 (이하 WT1) : 남아 있는 녹색시간 (remain\_g)이 존재하는 경우로 녹색시간과 황색의 진행연장시간을 고려하여 차량이 교차로안에 존재할지 예측
- Warning type 2 (이하 WT2) : 남아있는 황색시간 (remain\_y)이 존재하는 경우, 이를 고려하여 차량이 교차로안에 존재할지 예측
- Warning type 3 (이하 WT3): 적색신호가 시작된 경우, 정지선 검지기로부터 차량의 신호위반 유무 판단

이러한 세 가지 유형의 WT는 지점검지기로부터 수집되는 실시간 속도와 위치를 기반으로 판단하는데 다음의 운전자가 정지할 수 있는 최소정지거리(SSD)와 운전자가 안전하게 교차로를 통과할 수 있는 거리(CCD)의 변형된 개념으로 판단 알고리즘을 구성하였다.

$$SSD = v_i \times t_{PRT} + \frac{v_i^2}{2a^*} \quad (1)$$

$$CCD = v_i \times t + \frac{1}{2}at^2 - (W + L) \quad (2)$$

여기서,  $t_{PRT}$ : 인지반응시간,  $a^*$ : 감속도,  $a$ : 가속도,  $t$ : 차량 진행시간,  $W$ :교차로폭,  $L$ :차량길이

이러한 SSD와 CCD기반으로 교차로 접근로에 설치된 지점검지기로부터  $v_i$  을 판단할 수 있도록 각 지점별 위치인  $X_i$  와 시간에 따른  $t$ 을 동시에 고려한 WT1와 WT2별 알고리즘을 개발하였다. WT1과 WT2에서는 다음의 4가지의 임계속도를 기반으로 위험차량을 판단한다.

- $lower\_CV_i^{WT1}$  :WT1에서의 정지가능 임계속도
- $upper\_CV_i^{WT1}$  :WT1에서의 통과가능 임계속도

- $lower\_CV_i^{WT2}$  :WT2에서의 정지가능 임계속도
  - $upper\_CV_i^{WT2}$  :WT2에서의 통과가능 임계속도
- 이때의 주요 알고리즘 식은 (3)에서 (6)과 같다.

$$lower\_CV_i^{WT1} = \frac{-t_{PRT} + \sqrt{t_{PRT}^2 + \frac{2X_i}{d+G*g}}}{\sqrt{d+G*g}} \quad (3)$$

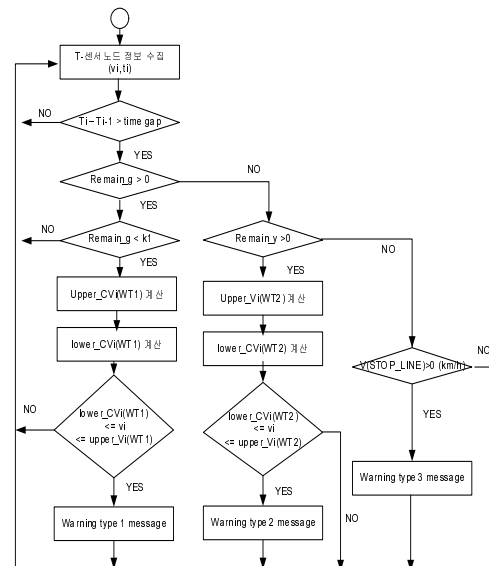
$$upper\_CV_i^{WT1} = \frac{X_i + (W + L) - \frac{a(remain\_g + Extend\_y - t_{PRT})^2}{2}}{remain\_g + Extend\_y} \quad (4)$$

$$lower\_CV_i^{WT2} = \frac{-(t_{PRT} + remain\_y - Y) + \sqrt{(t_{PRT} + remain\_y - Y)^2 + \frac{2X_i}{d+G*g}}}{\sqrt{d+G*g}} \quad (5)$$

$$upper\_CV_i^{WT2} = \frac{X_i + (W + L)}{remain\_y} \quad (6)$$

여기서,  $d$ : 감속도,  $G$ : 중력가속도,  $g$ : 구배,  $X_i$ : u-교통센서 위치,  $remain\_g$ : 잔여녹색시간,  $extend\_y$ : 진행연장시간,  $remain\_y$ : 잔여황색시간

이러한 주요 알고리즘 흐름도는 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 알고리즘 흐름도

## IV. U-교통센서의 배치문제

### 1. 개요

미시적 시뮬레이션 모형은 지점을 통과하는 차량의 통행패턴이 동일하지 않다는 특성에 근거하여 설정된 모형으로, 개별 차량 단위로 수집되는 교통상황(속도 및 위치자료 등)을 바탕으로 차량과 차량의 통행특성 영향을 모형에 반영하여 효과적도를 산출하는 기능을 가진다. 본 연구에서는 미시적 교통 시뮬레이션인 PTV상의 VISSIM을 사용하기로 하였고, 상기 시뮬레이터의 내용은 매뉴얼을 참고로 한다[19].

## 2. 시뮬레이션 구성

시뮬레이션 수행을 위한 주요 교통조건, 기하구조조건 및 신호운영 조건 등의 입력 조건은 <표 1>과 같다.

<표 1> 시뮬레이션 입력 조건

구분	상세내용	
교통조건	유입교통량	진입로별 100대/시 ~1500대/시의 15가지 상황
	회전비율	좌회전-직진-우회전 비율(15-70-15)
	차종구분	승용차 90%, 기타 차종 10%
기하구조 조건	차로수	4차로*4차로
	차로폭	3.5m
	차로운영	1차로: 좌회전 전용 2~3차로: 직진 전용 4차로: 우회전 전용
신호운영 조건	주기:120초 녹색-황색-적색: 27초-3초-90초 좌회전-직진 동시신호	

또한 앞의 위험차량 판단 알고리즘에 사용된 주요 사용 변수는 다음과 같다.

- 인지반응시간(초), 1.5초 사용
- 감속도 ( $m/sec^2$ ),  $0 m/sec^2$  사용
- 차량길이 (m), 4.5 m 사용
- 중력가속도 ( $m/sec^2$ ),  $9.8m/sec^2$  사용
- 구배 (%), 0% 사용
- 진행연장시간 (초), 2초 사용
- 정지선 속도( $m/sec^2$ ),  $1m/sec^2$  사용

u-교통센서의 위치는 <표 2>와 같이 교차로 정지선으로부터 5m 간격으로 총 120m까지 25지점에, 4차선 도로의 2차로와 3차로에 설치하여 교통데이터를 수집하도록 하였다.

<표 2> u-교통센서의 초기배치

센서 id	정지선으로부터 거리(m)	센서 id	정지선으로부터 거리(m)	센서 id	정지선으로부터 거리(m)	센서 id	정지선으로부터 거리(m)	센서 id	정지선으로부터 거리(m)
1201	0	1211	50	1221	100	1306	25	1316	75
1202	5	1212	55	1222	105	1307	30	1317	80
1203	10	1213	60	1223	110	1308	35	1318	85
1204	15	1214	65	1224	115	1309	40	1319	90
1205	20	1215	70	1225	120	1310	45	1320	95
1206	25	1216	75	1301	0	1311	50	1321	100
1207	30	1217	80	1302	5	1312	55	1322	105
1208	35	1218	85	1303	10	1313	60	1323	110
1209	40	1219	90	1304	15	1314	65	1324	115
1210	45	1220	95	1305	20	1315	70	1325	120

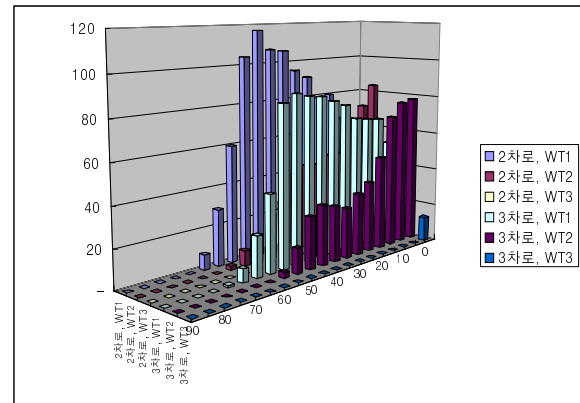
## 3. 시뮬레이션 결과

### 1) 초기센서 설치 위치

정상적인 교통류에서 WT1, WT2에 대한 시뮬레이션 기반 판단 결과 <표 3>과 <그림 6>의 결과와 같이 u-교통센서의 WT판단 위치가 정지선으로부터 약 0~70m에서 시작됨을 알 수 있다.

<표 3>을 살펴보면, WT발생건수의 분포가 2차로센서 및 3차로 센서의 경우 1214와 1315까지 분포하고 있다. 이 값은 교차로의 진입로에서 초기 센서의 설치 위치를 알려주는 값이다. 단, 현장의 교통류 상황, 제한속도 및 과속차량의 분포에 따라 최소 검지기 설치 위치가 변동가능성은 존재한다. 즉 현장상황에 따라 시뮬레이션을 수행함으로써 설치 위치의 정산이 요구되는 값이다.

예를 들어 차량의 제한속도가 높은 경우 초기센서의 위치가 정지선으로부터 더 멀리 존재해야 된다.



<그림 6> 센서위치에 따른 WT발생건수분포

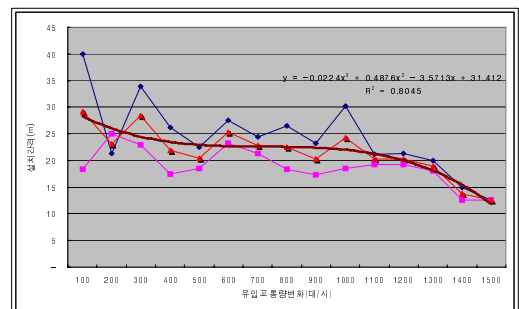
<표 3> 모든 교통상황에서 검지기 위치별 WT 발생건수

2차로 센서 번호	수 집 위 치	검지기 별평균 통과차 량수	WT1 발생 건수	WT2 발생 건수	WT3 발생 건수	총 WT 발생 건수	비 율 (%)	3차로 센서 번호	수 집 위 치	검지기 별평균 통과차 량수	WT1 발생 건수	WT2 발생 건수	WT3 발생 건수	총 WT 발생 건수	비율 (%)
1201	0	3.888	34	84	24	142	3.70	1301	0	3.683	36	78	13	127	3.40
1202	5	3.906	58	73		131	3.40	1302	5	3.625	54	77		131	3.60
1203	10	3.906	66	65		131	3.40	1303	10	3.596	68	70		138	3.80
1204	15	3.881	80	48		128	3.30	1304	15	3.620	69	49		118	3.30
1205	20	3.867	79	48		127	3.30	1305	20	3.601	70	37		107	3.00
1206	25	3.879	91	44		135	3.50	1306	25	3.587	78	32		110	3.10
1207	30	3.913	95	45		140	3.60	1307	30	3.556	81	26		107	3.00
1208	35	3.939	106	42		148	3.80	1308	35	3.528	84	29		113	3.20
1209	40	3.937	107	28		135	3.40	1309	40	3.518	85	31		116	3.30
1210	45	3.949	117	23		140	3.50	1310	45	3.520	87	27		114	3.20
1211	50	3.954	104	14		118	3.00	1311	50	3.520	83	13		96	2.70
1212	55	3.969	60	8		68	1.70	1312	55	3.515	40	3		43	1.20
1213	60	3.974	29	2		31	0.80	1313	60	3.515	21	-		21	0.60
1214	65	3.987	8	-		8	0.20	1314	65	3.522	7	-		7	0.20
1215	70	3.991	-	-		-	0.00	1315	70	3.533	1	-		1	0.00
1216	75	4.016	-	-		-	0.00	1316	75	3.570	-	-		-	0.00
1217	80	4.051	-	-		-	0.00	1317	80	3.620	-	-		-	0.00

2) 센서의 최적 배치 간격 문제

u-교통센서의 최적 배치간격 문제를 확인하기 위해 각 유입 교통량에서 한 대의 차량이 몇 개의 센서를 지나가면서 WT를 발생시켰는지를 확인해보았다. 그 결과 <표 4>과 <표 5>과 같이 2차로에 설치된 25개의 센서들에서 WT1과 WT2의 발생건수와 실제 의 차량대수들의 관계를 알 수 있었다. 예를 들어 유입교통량 1200대/시에서는 WT1과 WT2는 248건과 158건이 발생이 되었는데, 그때의 실제 센서 위를 지나간 차량대수는 58대, 41대였다.따라서 차량 한 대는 평균적으로 4.3개, 3.9개의 센서를 지나가면서 위험차량발생조건에 있어 위험상황을 발생하였다. 현재 센서는 5m간격으로 시뮬레이션을 수행하였기 때문에 실제 이격간격은 21.4m와 19.3m마다 한 대의 차량의 위험발생건수가 발생함을 알 수 있다.

유입교통량에 따른 센서설치간격은 <그림 7>과 같은 분포를 보인다. 유입교통량이 증가함에 따라 센서의 설치간격이 30m에서 20m이하로 전체적으로 줄어드는 패턴을 보이고 있으며, 전체 평균으로는 약 20m가 u-교통센서간의 간격으로 적절함을 알 수 있었다.



<그림 7> 유입교통량에 따른 센서설치간격

<표 4> 2차로 센서에서 WT1발생건수의 분석

유입교통 량(대/시)	실제 대수	총WT1 건수	대당 warning개수	이격간 격(m)
100	4	32	8.0	40.0
200	4	17	4.3	21.3
300	9	61	6.8	33.9
400	8	42	5.3	26.3
500	18	81	4.5	22.5
600	12	66	5.5	27.5
700	16	78	4.9	24.4
800	32	170	5.3	26.6
900	26	121	4.7	23.3
1000	32	193	6.0	30.2
1100	39	165	4.2	21.2
1200	58	248	4.3	21.4
1300	69	275	4.0	19.9
1400	61	182	3.0	14.9
1500	66	166	2.5	12.6
평균			4.9	24.4

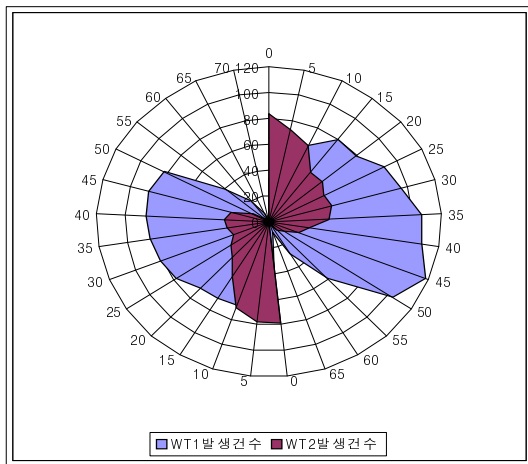
<표 5> 2차로 센서에서 WT2발생건수의 분석

유입교통 량(대/시)	실제 대수	총WT1 건수	대당 warning개수	이격간 격(m)
100	3	11	3.7	18.3
200	3	15	5.0	25.0
300	5	23	4.6	23.0
400	4	14	3.5	17.5
500	13	48	3.7	18.5
600	11	51	4.6	23.2
700	11	47	4.3	21.4
800	19	70	3.7	18.4
900	20	69	3.5	17.3
1000	23	85	3.7	18.5
1100	21	81	3.9	19.3
1200	41	158	3.9	19.3
1300	38	137	3.6	18.0
1400	38	96	2.5	12.6
1500	36	91	2.5	12.6
평균			3.8	18.9



### 3) 센서위치별 경고발생 패턴검토

위험경고를 발생하는 센서에서 WT1과 WT2의 발생패턴을 각각 살펴보았다. WT1의 경우 <표 6>와 같이 유입교통량의 증가에 따라 20m~45m사이의 u-교통센서들의 위험경고의 발생이 높은 상황을 보였다. 이에 비해 WT2는 0~20m 사이의 센서들의 사용이 높았다. WT1과 WT2의 각각의 warning 발생 센서들의 패턴 분포는 <그림 8>과 같이 황색시간에서의 경고는 정지선에서 가까운 센서들에서 보다 많이 사용하는 것을 알 수 있었다. 따라서 실제적으로 신호교차로 진입 위험 경고서비스에서 많이 활용이 될 수 있는 센서는 정지선 가까운 센서들이다.



<그림 8> 센서위치(m)에 따른 WT1/WT2의 발생 패턴

### 4) 위험차량발생 후 위험경고 제공

위험경고 발생이 각 신호현시별로 발생이 되면, 지역에 설치된 국지서버에서는 적절하게 대기차량 및 대상차량에게 위험 상황에 대한 정보를 제공해 주어야 한다. 연구에서는 위험경고의 제공방법으로 특정 무선 통신망을 지정하지 않고, 차량 내 단말이나 혹은 PTSWF와 같은 전광판을 통하여 제공할 수 있어야 의미가 있다.

<표 6> 유입교통량의 변화에 따른 2차로센서의 WT1 발생건수

센서id	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	총합계
1201	1		1	1				2	2	2		3	6	8	8	34
1202	2		2	2		1		6	4	4	3	9	7	9	9	58
1203	2		2	2	1	2		6	5	6	4	9	10	7	9	65
1204	2		2	2	2	2	1	5	6	7	4	13	12	11	11	80
1205	3		2	2	3	2	1	5	5	10	4	11	14	9	8	79
1206	3	1	3	2	3	2	1	8	4	12	5	16	17	8	6	91
1207	3	1	3	2	4	5	2	7	6	13	6	15	15	8	5	95
1208	2	2	4	2	7	7	4	8	7	12	7	15	17	9	3	106
1209	2	2	4	3	8	8	5	7	9	12	8	14	14	9	2	107
1210	3	3	6	4	9	8	5	8	10	10	8	18	14	8	3	117
1211	3	4	5	5	10	7	5	8	9	8	8	16	9	6	1	104
1212	2	2	5	2	7	4	2	3	6	6	6	6	6	1	2	60
1213	1	1	2	1	4	3	1	2	4	2	2	4	1		1	29
1214		1	2					1	1	1	1		1			8
총합계	29	17	43	30	58	51	27	76	78	105	66	149	143	93	68	1033

## V. 결론

본 연구는 u-교통서비스의 하나로서 “신호교차로 진입 위험 경고서비스”에 대하여 소개하고, 상기 서비스를 제공할 수 있는 u-교통센서의 설치간격 및 설치위치에 대하여 VISSIM을 통하여 평가한 결과를 제시하고 있다. “신호교차로 진입 위험 경고 서비스”는 ITS들과는 다른 차별화된 시스템으로, 교차로별로 실시간으로 지역의 상황에 맞는 국지형 서비스로, 교차로에 진입하는 차량들의 속도를 기반으로 위험차량여부를 판단하여 다른 교차로 방향에 대기하는 차량에게 정보로 제공하도록 하여, 교차로 안전도를 높이고자 하는 시스템이다. 이를 위하여, 연구에서는 다량의 u-교통센서를 접근로에 차로별로 설치할 경우 방향별 유입교통량을 100대/시~1500대/시로 증가하면서 검지기들의 검지상태를 확인해 보았다. 그 결과 정지선으로부터 약 20m 간격으로 80~100m까지 u-교통센서를 설치하는 것이 바람직함을 알 수 있었다. 본 연구에서 주안점을 둔 내용은 신규 교통서비스가 개발이 되고, 이를 현장에 적용하기 위해 미시적 교통시물레이션을 기반으로 평가할 경우 검지기의 설치위치 및 간격의 문제를 적절하게 평가할 수 있음을 보이고자 하였으며, 이러한 결과는 실제 검지기 및 서비스의 설치 전에 효과적으로 판단할 수 있다는 데 중요한 기여가 있다고 하겠다.

## 참 고 문 헌

1. 도로교통안전공단, 2005년도 교통사고통계, 2007.
2. 교통개발연구원, “신호교차로 내 딜레마구간 차내경고 시스템 개발”, 2000년도 지능형교통시스템 연구개발사업 최종보고서, 건설교통부, 2000.
3. Bonneson, J., and Zimmerman, K. “In-service evaluation of detection-control system for isolated high-speed signalized intersections.” Proc., Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 2006.
4. Zimmerman, K., Bonneson, J., Middleton, D., and Abbas, M. “Improved detection and control system for isolated high-speed intersections.” Transportation Research Record. 1856, Transportation Research Board, pp. 212-219. 2003.
5. 박주남, “신호교차로 황색현시에서의 운전자 행태 및 딜레마 구간 연구”, 아주대학교 공학석사학위논문, 2002.
6. 장영규, “딜레마구간 제거를 위한 검지기 설계방안 및 신호제어 전략 개발”, 아주대학교 석사학위논문, 2000.
7. McCoy, P., and Pesti, G. “Improving dilemma zone protection of advance detection with advance warning flashers.”, Transportation Research Record. 1844, Transportation Research Board, pp. 11-17, 2003.
8. Sunkari, S., Messer, C., and Charara, H. “Performance of advance warning for end of green system for high-speed signalized intersections.” Transportation Research Record. 1925, Transportation Research Board, pp. 176-184, 2005.
9. FHWA, “Traffic Detector Handbook third edition Volume I”, FHWA-HRT-06-108, US DOT, 2006.
10. Carl Shaflik, “Traffic Signal detector locations - proper positioning increases efficiency and safety.”, Technical paper prepared for CIVL 589- Traffic flow theory, 1995.
11. 김성현, 임강원, 이영인, “일반국도 통행시간 추정을 위한 동질구간 기반 지점검지기 배치에 대한 연구”, 대한교통학회논문지 제 24권 제 1호, pp. 73-84, 2006.
12. K. Ozbay, B. Bartin, and S. Chien. “South jersey real-time motorist information systems: Technology and practice.”, Transportation Research Record, 1886, pp. 68-75, 2004.
13. I. Fujito, R. Margiotta, W. Huang, and W.A. Perez. “The effect of sensor spacing on performance measure calculations.”, In Proceedings of the 85th Annual Meeting of Transportation Research Board, 2006.
14. G. Thomas. “The relationship between detector location and travel characteristics on arterial streets.”, Institute of Transportation Engineers Journal, Vol. 69, No. 10, pp. 36-42, 1999.
15. S. Oh, B. Ran, and K. Choi, “Optimal detector location for estimating link travel time speed in urban arterial roads.”, In Proceedings of the 82nd Annual Meetings of the Transportation Research Board, 2003.
16. Sungho Oh and Keechoo Choi, Optimal detector location for estimating link travel speed in urban arterial roads Vol. 8, No. 3, pp. 327~333 / May 2004
17. 장정아, 장병태, 박종현, “USN기반 교통수집기술에 관한 연구”, 한국 ITS학회 제 6회 추계학술대회, 2007.
18. 장정아, 장병태, “자동차 안전을 위한 USN 차량무선검지 센서 및 서비스 기술 개발”, 오토저널 6월호, 자동차공학회, 2008.
19. PTV, “VISSIM 4.2 Manual”